

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

#5

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

TACHIKAWA et al.

Art Unit: Not yet assigned

Application No.: Not yet assigned

Examiner: Not yet assigned

Filed: July 13, 2001

Attorney Dkt. No.: 107292-00023

For: CHARGED-PARTICLE BEAM IRRADIATOR AND THERAPY SYSTEM  
EMPLOYING THE SAME



CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

July 13, 2001

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign application in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

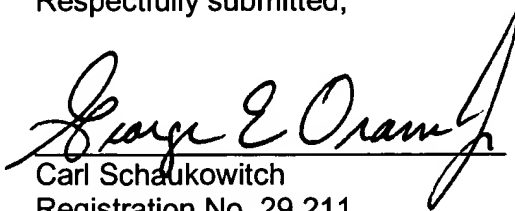
Japanese Patent Application No. 2000-212445 filed on July 13, 2000

In support of this claim, certified copy of said original foreign application/s is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these/this document.

Please charge any fee deficiency or credit any overpayment with respect to this paper to Deposit Account No. 01-2300.

Respectfully submitted,

  
Carl Schaukowitch  
Registration No. 29,211

27931

Customer No. 004372  
ARENT FOX KINTNER PLOTKIN & KAHN, PLLC  
1050 Connecticut Avenue, N.W.,  
Suite 400  
Washington, D.C. 20036-5339  
Tel: (202) 857-8925  
Fax: (202) 638-4810  
CS:ksm

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 7月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-212445

出 願 人

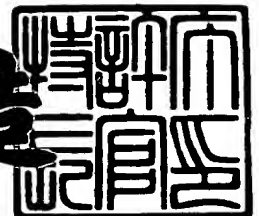
Applicant (s):

住友重機械工業株式会社

2001年 4月13日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3029014

【書類名】 特許願

【整理番号】 SJ0407

【提出日】 平成12年 7月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 A61N 5/10

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県新居浜市惣開町 5 番 2 号 住友重機械工業株式会  
社 新居浜製造所内

【氏名】 立川 敏樹

【発明者】

【住所又は居所】 愛媛県新居浜市惣開町 5 番 2 号 住友重機械工業株式会  
社 新居浜製造所内

【氏名】 澤田 憲司

【特許出願人】

【識別番号】 000002107

【氏名又は名称】 住友重機械工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080458

【弁理士】

【氏名又は名称】 高矢 諭

【選任した代理人】

【識別番号】 100089015

【弁理士】

【氏名又は名称】 牧野 剛博

【選任した代理人】

【識別番号】 100076129

【弁理士】

【氏名又は名称】 松山 圭佑

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006943

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102448

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線照射装置、及び、これを用いた治療装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

最終偏向電磁石の入側に設けた走査電磁石により、荷電粒子線を走査して照射野を拡大するようにした荷電粒子線照射装置において、

前記走査電磁石を複数設け、

該複数の走査電磁石によるキックの重ね合わせにより、前記最終偏向電磁石の出側に、平行照射野が形成されるようにしたことを特徴とする荷電粒子線照射装置。

【請求項 2】

前記複数の走査電磁石を、前記最終偏向電磁石と、その入側の偏向電磁石の間に配置したことを特徴とする、請求項 1 に記載の荷電粒子線照射装置。

【請求項 3】

前記複数の走査電磁石を、前記入側の偏向電磁石の上流に配置したことを特徴とする、請求項 1 に記載の荷電粒子線照射装置。

【請求項 4】

前記複数の走査電磁石を、X 方向、Y 方向独立して、請求項 2 あるいは 3 に記載の位置に配置したことを特徴とする、請求項 1 に記載の荷電粒子線照射装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の荷電粒子線照射装置を用いて、患部に荷電粒子線を照射するようにしたことを特徴とする治療装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、最終偏向電磁石の入側に設けた走査（スキャンング）電磁石により、荷電粒子線を走査して照射野を拡大するようにした荷電粒子線照射装置、及び、これを用いた治療装置に関する。

【0002】

## 【従来の技術】

陽子線を利用した癌治療装置として、図 1 に示す如く、例えば、陽子を所定エネルギーまで加速するサイクロトロン、及び、該サイクロトロンから照射された陽子ビームのエネルギーを、必要に応じて、そのエネルギー分散を制限しながら変えるためのエネルギー分析装置（ESS）からなる陽子線加速装置 1 2、該陽子線加速装置 1 2 から取出された陽子ビームの安定軌道を確保し、損失なく照射室へ輸送するためのビーム輸送装置（BTS）1 4、該ビーム輸送装置 1 4 により輸送された陽子ビームを成形処理し、身体の病巣位置に的確に照射するための、陽子線の照射方向が可変とされた回転照射装置（ガントリ）3 0、及び、陽子線の照射方向が固定された固定照射装置 4 0 を含む治療装置 1 0 と、照射治療を計画するための診断装置、治療計画システム及び治療具工作機械を含む付属装置 4 2 と、加速器やビーム輸送機器へ電力を供給する直流電流電源を主体とした各種電源、電流導体（コイル）直接冷却用の純水冷却供給設備等からなる付帯設備装置 4 4 を備えたものが知られている。

## 【0003】

前記回転ガントリ 3 0 は、任意の角度から患者に陽子線 3 3 を照射するためのもので、例えば図 2 に示す如く、照射野、照射深さ等の照射要求条件を実現する照射ノズル 3 2 と、その入口までビームを輸送する BTS 1 4 の端末部（図示省略）と、該 BTS 1 4 の端末に取付けた照射ノズル 3 2 を回転するための構造体 3 6 からなり、これに隣接して、患者の患部位置決め装置を含む治療用ベッド 3 4 が設けられている。

## 【0004】

このような治療装置による治療に際しては、細い陽子線ビームを、患部の大きさに合わせて最大 3 0 c m 角程度にまで広げる必要がある。

## 【0005】

しかしながら、散乱体法を利用したガントリの場合、図 3 に示す如く、4 重極電磁石（Q 磁石）1 6 により収束され、偏向電磁石 1 8、2 0 により偏向された陽子線は、最終偏向電磁石 2 0 の出側に設けられた散乱体 2 2 により散乱作用を受け、そこから照射部 3 5（治療用ベッド 3 4）までの間で広げられる。従って

、陽子線が広がるために十分な直線距離Lが必要となり、これがガントリ30の直径を決めることになる。従って、陽子線を360°全方向から照射するのに必要なガントリの直径は10mにも及び、装置と建物のコストが莫大になり、陽子線治療装置が普及するための大きな妨げとなっていた。

#### 【0006】

これを解決する手段として、図4に示す如く、最終偏向電磁石20の手前に配置した走査電磁石24で陽子線を走査するスキヤニング法がある。このスキヤニング法では、最終偏向電磁石20の手前に置かれた走査電磁石24で陽子線を走査するので、最終偏向電磁石20の入口から照射部35までの距離全部が陽子線の拡大に利用でき、ガントリの直径を大幅に縮小することができる。

#### 【0007】

しかしながら、最終偏向電磁石20によるビーム偏向があると、図5に示す如く、下流の収束点が、電磁石20の曲率中心と上流の走査位置とを結んだ直線上になるので、走査点を最終偏向電磁石20の入口にしない限り、照射部35では陽子線が、図6に示すような収束傾向、あるいは図7に示すような発散傾向となり、照射の深さによって照射面積が変わってしまい、患部への均一な照射のために非常に重要な照射の深さによって照射面積が異ならない平行照射野が得られないという問題点を有していた。

#### 【0008】

従って従来は、例えばM.M.Kats,"Study of Gantry Optics for Proton and carbon ion Beams",Proceedings of the 6<sup>th</sup> European Particle Accelerator Conference EPAC-98,Stockholm,Sweden,June 22-26,1998,p.2365やE.Pedroni and H..Enge,"Beam optics design of compact gantry for proton therapy",Medical & Biological Engineering & Computing,v ol.33,1995,p.271-277に記載されているように、最終偏向電磁石に面角や磁場勾配を設ける等、その形状に特別な工夫を加えていた。

#### 【0009】

#### 【発明が解決しようとする課題】

これらの方法は、偏向電磁石の磁場が1.7-1.8テスラ以下の場合には有効

であるが、ガントリを更にコンパクトにするために、これを2テスラ程度の高磁場にする場合には、磁極が飽和するので、磁極形状による磁場分布の調整が容易でなくなるという問題点を有していた。

【0010】

本発明は、前記従来の問題点を解決するべくなされたもので、最終偏向電磁石が高磁場である場合にも、スキャンニング照射により、照射の深さによって照射面積が異ならない平行照射野を得ることを第1の課題とする。

【0011】

本発明は、又、スキャンニング方式の回転ガントリを、更にコンパクト化することを第2の課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は、最終偏向電磁石の入側に設けた走査電磁石により、荷電粒子線を走査して照射野を拡大するようにした荷電粒子線照射装置において、前記走査電磁石を複数設け、該複数の走査電磁石によるキックの重ね合わせにより、前記最終偏向電磁石の出側に、平行照射野が形成されるようにして、前記第1の課題を解決したものである。

【0013】

又、前記複数の走査電磁石を、前記最終偏向電磁石と、その入側の偏向電磁石の間に配置したものである。

【0014】

又、前記複数の走査電磁石を、前記入側の偏向電磁石の上流に配置したものである。

【0015】

更に、前記複数の走査電磁石を、X方向、Y方向独立して、前記位置に配置したものである。

【0016】

本発明は、又、前記荷電粒子線照射装置を用いて、患部に荷電粒子線を照射するようにして、前記第2の課題を解決したものである。

【 0 0 1 7 】

## 【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の実施形態を詳細に説明する。

【 0 0 1 8 】

本実施形態は、図 8 に示す如く、最終偏向電磁石 2 0 とその入側の偏向電磁石 1 9 の間に 2 台の走査電磁石 2 4、2 6 を配置して、該 2 台の走査電磁石によるキックの重ね合わせにより、前記最終偏向電磁石 2 0 の出側に、図 9 に示すような平行照射野が形成されるようにしたものである。図において、5 0 は、2 台の走査電磁石 2 4、2 6 を同期させて制御するための同期制御装置である。

【 0 0 1 9 】

ここで、2 台の走査電磁石 2 4、2 6 の位置は、次のようにして決定する。

【 0 0 2 0 】

今、ビームの輸送行列を照射部 3 5 の位置（照射位置）から逆に計算する。照射位置のビームの変位を  $X_0$ 、 $X_0'$  とすると、照射位置から距離  $S$  の点での変位は、次式のとおりに表わされる。

【 0 0 2 1 】

【数 1】

$$\begin{pmatrix} X(s) \\ X'(s) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}(s) & a_{12}(s) \\ a_{21}(s) & a_{22}(s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_0 \\ X_0' \end{pmatrix} \quad \dots(1)$$

【 0 0 2 2 】

この (1) 式を逆に解くと、次式が得られる。

【 0 0 2 3 】

【数 2】

$$\begin{pmatrix} X_0 \\ X_0' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{22}(s) & -a_{12}(s) \\ -a_{21}(s) & a_{11}(s) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X(s) \\ X'(s) \end{pmatrix} \quad \dots(2)$$

【 0 0 2 4 】

$S$  点において走査電磁石によるキックが与えられたとすると、 $X(s) = 0$  であり、次式のように表わされる。

【 0 0 2 5 】

【数 3】

$$X_0 = -a_{12}(s) \cdot X'(s) \quad \dots(3)$$

$$X_0' = a_{11}(s) \cdot X'(s) \quad \dots(4)$$

【0 0 2 6】

ビームの進行を逆にすると、 $X'(s) \rightarrow -X'(s)$  であるので、(3)、(4) 式は、以下のように書き表される。

【0 0 2 7】

【数 4】

$$X_0 = a_{12}(s) \cdot X'(s) \quad \dots(5)$$

$$X_0' = -a_{11}(s) \cdot X'(s) \quad \dots(6)$$

【0 0 2 8】

従って、 $a_{11}(s) = 0$  の位置でキックを与えれば、 $X_0' = 0$  となり、走査電磁石でキックを受けたビームは、最終偏向電磁石 20 の下流で、必ず軸に対して平行になる。しかし、走査電磁石が 1 台の場合、 $a_{11}(s) = 0$  となる位置は、最終偏向電磁石入口の直近となるため、走査電磁石を置くことはできない。

【0 0 2 9】

そこで、本発明では、複数（ここでは 2 台）の走査電磁石を用いて、その組合せで、最終偏向電磁石の入口に置いた 1 台の走査電磁石と同じ作用を発揮させる。即ち、2 台の走査電磁石 24、26 を、点 S1、S2 においた場合、(5)、(6) 式は 2 回のキックの重ね合わせとなって、次式のように表わされる。

【0 0 3 0】

【数 5】

$$X_0 = a_{12}(s_1) \cdot X_1' + a_{12}(S_2) \cdot X_2' \quad \dots(7)$$

$$X_0' = -a_{11}(s_1) \cdot X_1' - a_{11}(S_2) \cdot X_2' \quad \dots(8)$$

【0 0 3 1】

この場合、 $X_0' = 0$  となるためには、次式が満足されればよいことになる。

【0 0 3 2】

## 【数 6】

$$a_{11}(s_1) \cdot X_1' + a_{11}(s_2) \cdot X_2' = 0 \quad \dots(9)$$

## 【0 0 3 3】

即ち、点 S2 から最終偏向電磁石 20 までの光学系が定まれば、それに応じて、それぞれの走査電磁石について、(9) 式で決められるキックを与えることにより、最終偏向電磁石下流でビームは必ず軸に対して平行になる。

## 【0 0 3 4】

これにより、最終偏向電磁石の磁極を特別な形状にすることなく、照射位置において、平行照射野を実現することができる。

## 【0 0 3 5】

なお、前記説明においては、走査電磁石が 2 台とされていたが、走査電磁石の数は 2 台に限定されず、3 台以上であってもよい。

## 【0 0 3 6】

特に、X 方向、Y 方向独立の走査電磁石を配する事により、X-Y 両方向の平行照射野が得られる。

## 【0 0 3 7】

又、走査電磁石の位置は、偏向電磁石 19 と 20 の間には限定されず、偏向電磁石 18 の上流でもかまわない。

## 【0 0 3 8】

又、前記説明においては、本発明が陽子線治療装置の回転ガントリに適用されていたが、本発明の適用対象はこれに限定されず、陽子線以外の荷電粒子線を用いた治療装置や照射装置、あるいは、治療装置以外にも同様に適用できることは明らかである。

## 【0 0 3 9】

## 【発明の効果】

本発明によれば、最終偏向電磁石の磁極を特別な形状にすることなく、照射位置において平行照射野を実現することができる。本発明は、特に、ガントリの更なるコンパクト化のために、最終偏向電磁石を 2 テスラ程度の高磁場にする場合

に、極めて有効である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の適用対象の一例である陽子線治療装置の全体構成を示すブロック図

【図 2】

前記陽子線治療装置の回転ガントリの一例を示す斜視図

【図 3】

前記回転ガントリにおける散乱体法による照射野拡大例を示す光路図

【図 4】

同じくスキャニング法による照射野拡大例を示す光路図

【図 5】

同じくスキャニング法によるスキャニング位置と収束点の関係の例を示す線図

【図 6】

従来のスキャニング法により収束傾向となった状態を示す光路図

【図 7】

同じく発散傾向となった状態を示す光路図

【図 8】

本発明に係る陽子線照射装置の実施形態の構成を示す光路図

【図 9】

前記実施形態によって実現される平行照射野の例を示す光路図

【符号の説明】

- 1 0 … 治療装置
- 1 6 … 4 重極電磁石 (Q 磁石)
- 1 8 … 偏向電磁石
- 2 0 … 最終偏向電磁石
- 2 4、2 6 … 走査電磁石
- 3 0 … 回転ガントリ
- 3 2 … 照射ノズル
- 3 3 … 陽子線

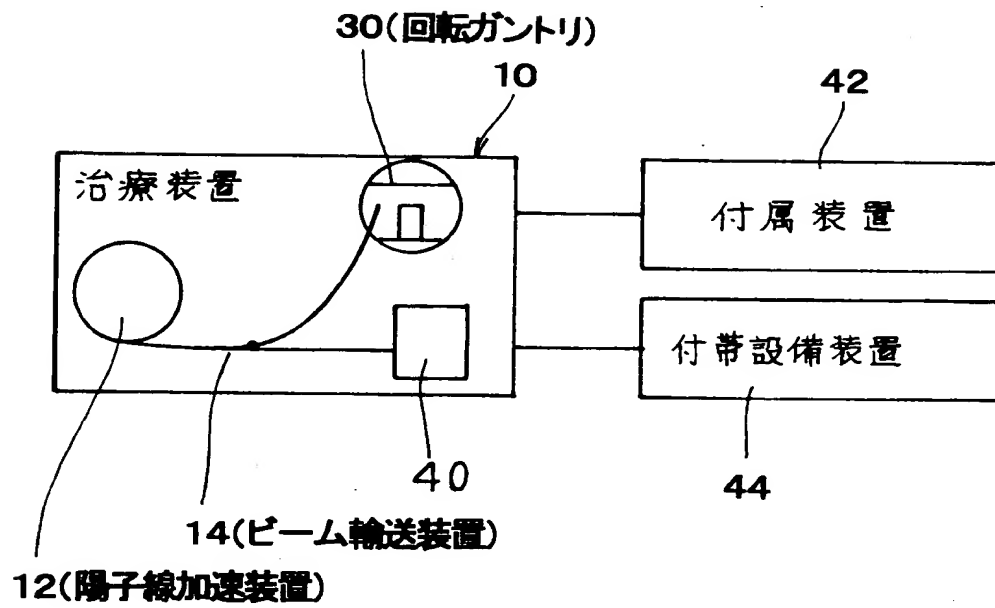
3 4 …治療用ベッド

3 5 …照射部

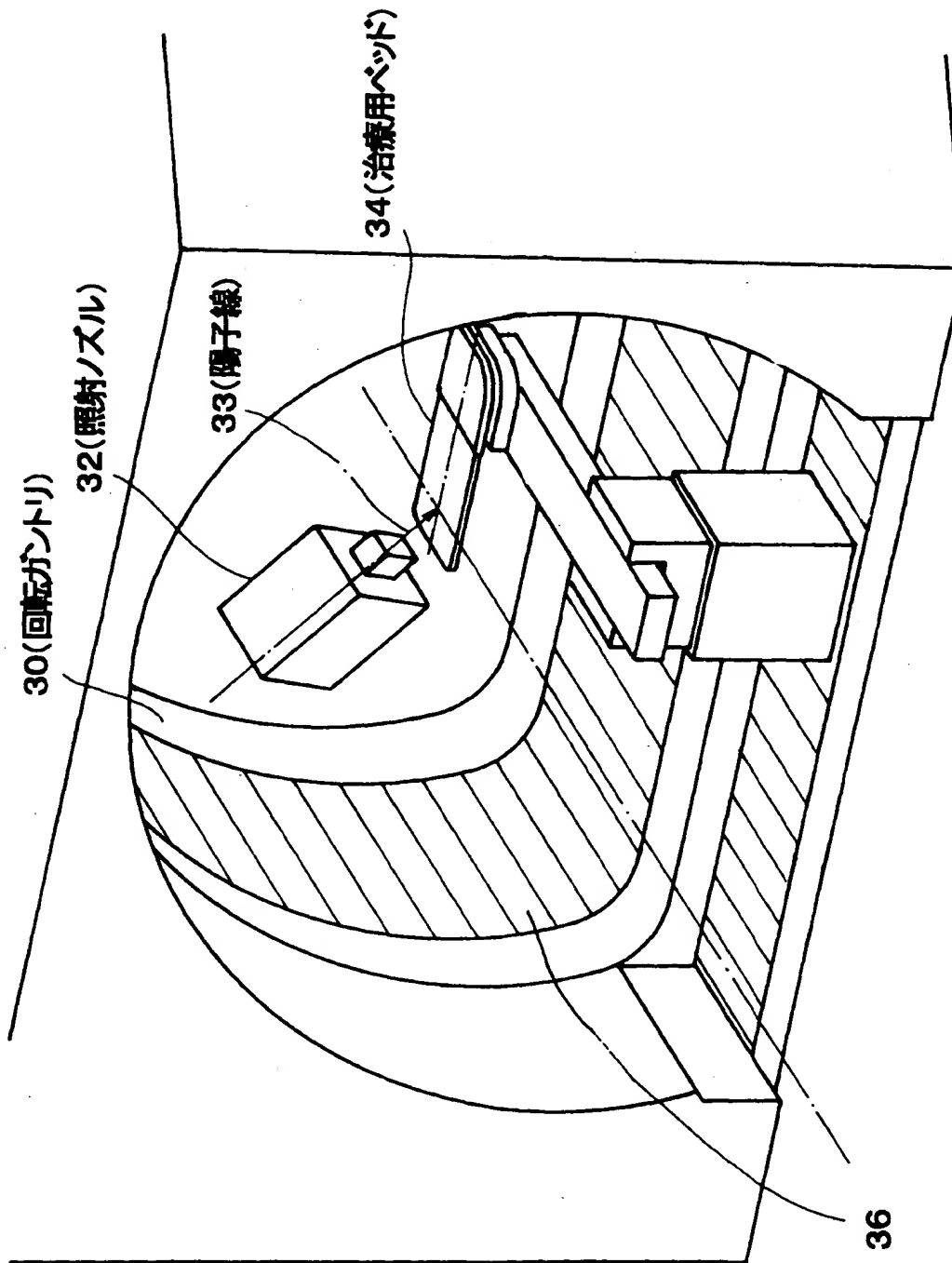
5 0 …同期制御装置

【書類名】 図面

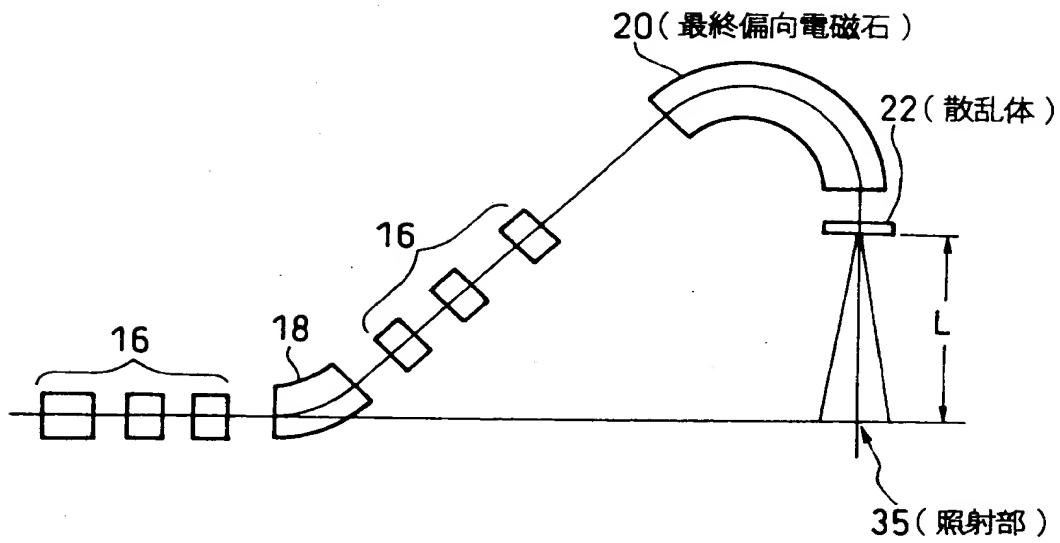
【図 1】



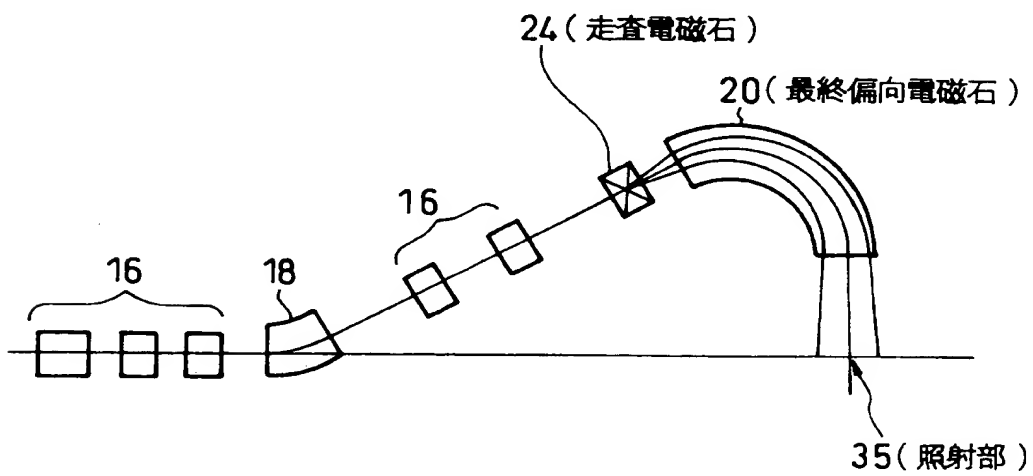
【図 2】



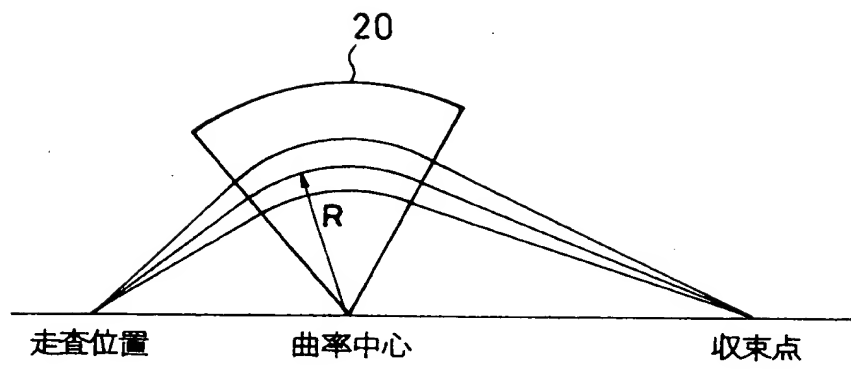
【図 3】



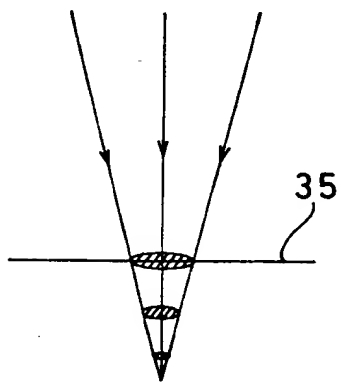
【図 4】



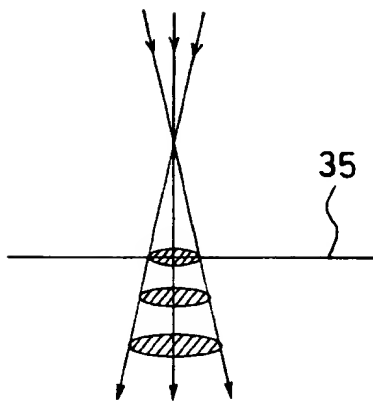
【図 5】



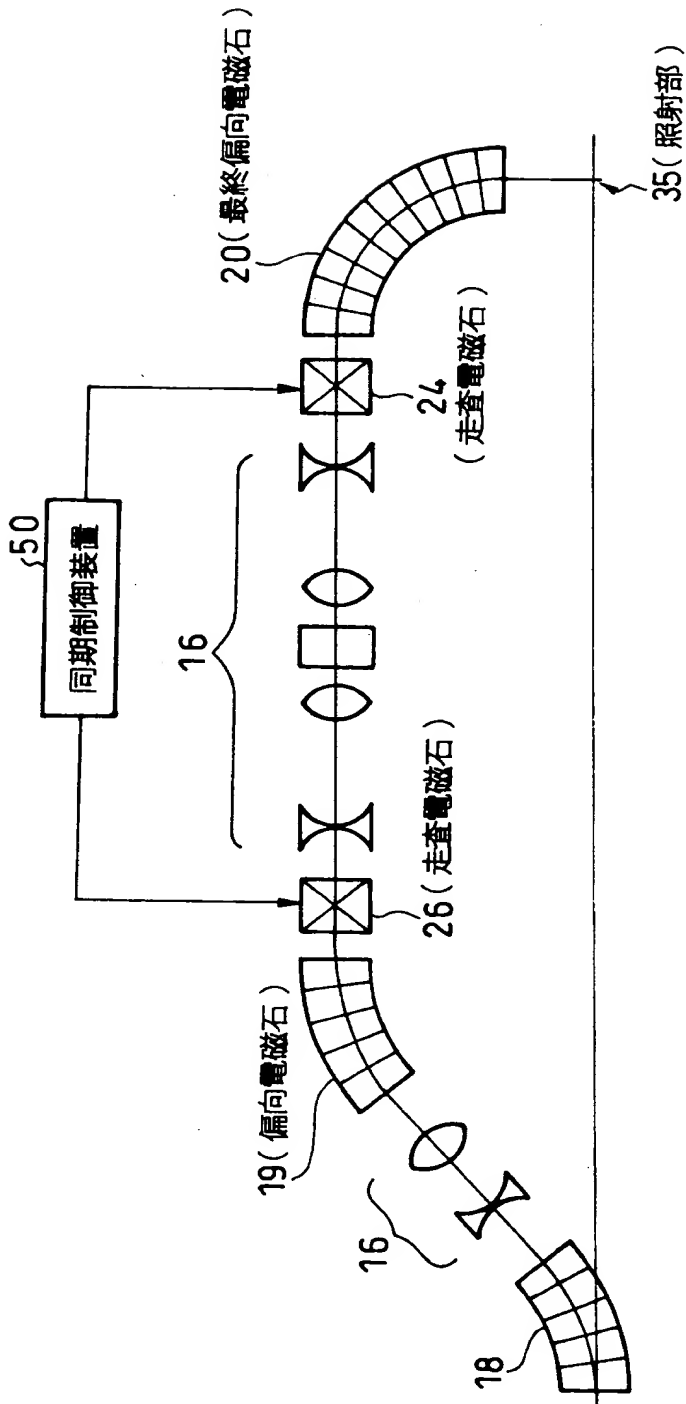
【図 6】



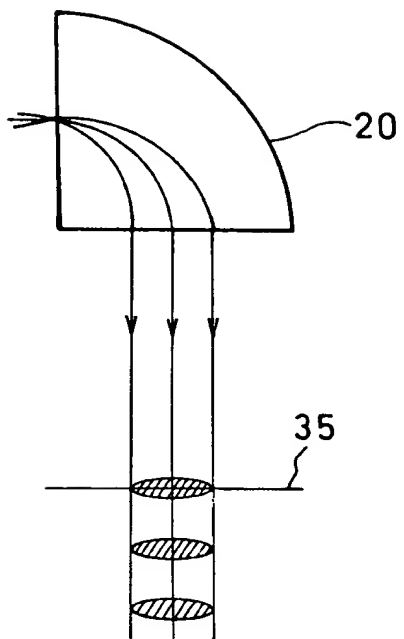
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 最終偏向電磁石が高磁場であっても、スキャニング照射により、平行照射野を実現可能とする。

【解決手段】 走査電磁石 2 4、2 6 を複数設け、該複数の走査電磁石 2 4、2 6 によるキックの重ね合わせにより、最終偏向電磁石 2 0 の出側に、平行照射野が形成されるようにする。

【選択図】 図 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002107]

1. 変更年月日	1994年 8月10日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都品川区北品川五丁目9番11号
氏 名	住友重機械工業株式会社